

INCIDENCIA DEL ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO  
Y DEL GRADO DE FILLERIZACION EN EL FISURAMIENTO  
DE UNA CARPETA ASFALTICA \*

Dr. Jorge O. Agnusdei

Ing. Duilio D. Massaccesi

Lic. Pascual O. Frezzini

SERIE II, Nº 239

\* Trabajo presentado al VII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Mendoza, 3-9 de diciembre de 1972. Publicado con anterioridad en CARRETERAS, 27 (64), 24-29, 1972.

---

## INTRODUCCION

---

En la decimoséptima Reunión Anual del Asfalto, se presentó un trabajo de los autores titulado "Análisis de los componentes estructurales de un pavimento urbano luego de 27 años de servicio".

En este estudio se trató de poner en evidencia que las fallas aparecidas en el pavimento analizado, cuya vida útil llegaba a su fin, obedecían al envejecimiento sufrido por el asfalto. Esto se dedujo dado el correcto comportamiento comprobado de las estructuras inferiores, y el tipo y extensión de las fisuras aparecidas, que solamente atravesaban la carpeta sin afectar la base.

Las fallas a que nos referimos consisten en agrietamientos que se presentan sobre una superficie plana, (ya que no ha habido alteración del perfil) y que son características de mezclas con alto contenido de asfalto el cual ha sufrido un proceso de endurecimiento. Al producirse estas fisuras de contracción se originan una sucesión de pequeños bloques o polígonos como consecuencia del cambio volumétrico del asfalto (ver figuras 1 a y 1 b).

Sin embargo no solamente la alteración de las propiedades del betún podrían haber influido en la fragilidad de la capa de rodamiento, sino también el filler formado por degradación de los agregados durante los 27 años en que la carpeta estuvo en servicio.

En el trabajo realizado anteriormente pudo verificarse que la estabilidad Hubbard Field de las probetas directamente remoldeadas con los testigos extraídos del pavimento duplicaba el valor que poseía la mezcla al construirse el pavimento. Ante esta evidencia, si bien en su oportunidad se expresó que el aumento de filler podría incrementar el valor de su estabilidad, la mayor incidencia fue atribuida al envejecimiento del asfalto con el correr del tiempo.

De la discusión del trabajo citado en (1) en la XVII Reunión Anual del Asfalto, surgió la necesidad de estudiar en mayor detalle la incidencia de cada uno de estos factores, es decir: el aumento en el contenido de filler y el envejecimien-

to del asfalto, en la variación de las características de la carpeta.

A continuación se resumen nuevamente las características de la mezcla asfáltica estudiada en cuanto a su constitución en el momento de su ejecución.

La carpeta estaba constituida por una mezcla tipo "sheet asphalt" de 3 cm de espesor cuya dosificación era la siguiente:

Arena de trituración (cuarcítica)....	63%
Arena del Río Paraná .....	16%
Filler calcáreo .....	12%
Asfalto .....	9%

Determinaciones efectuadas en el momento de la construcción, indicaron que la granulometría de los áridos estuvo encuadrada dentro de la siguiente zona:

Pasa tamiz N°...	10	20	30	50	100	200
% .....	90-99	70-81	64-73	45-55	7-25	5-10

---

## PARTE EXPERIMENTAL

---

En una primera etapa se procedió a verificar lo realizado anteriormente (1) sobre los testigos extraídos del pavimento. En la tabla I se muestran los valores promedio de las características de la carpeta inmediatamente luego de su ejecución (año 1942-1943) y los que se obtuvieron al extraer los testigos en la actualidad.

De la observación de la Tabla I, se deduce que la mezcla asfáltica, durante su servicio de más de 30 años, se ha ido densificando hasta alcanzar un valor de 2,29 g/cm<sup>3</sup>, y han ido disminuyendo paralelamente los vacíos residuales. Pero lo que es dable destacar es el enorme aumento de la estabilidad Hubbard Field en el período citado, ya que prácticamente ha incrementado más del doble.

Asimismo se observa que la fracción de agregados que pasa el tamiz N° 200 se elevó aproximadamente en un 60% en el

transcurso del tiempo

TABLA I

CARACTERISTICAS PROMEDIO DE LA CARPETA ASFALTICA EN 1942-1943  
Y LAS ACTUALES, 1972.

	1942-1943	1972
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> ) .....	2,26	2,29
Vacíos residuales (%) .....	4,0	1,3
Estabilidad Hubbard Field (1 h sumergido a 60°C), (Lb) .....	1430	3250
Betún recuperado (%) .....	9,0	8,6
Agregado recuperado que pasa el tamiz Nº 200 .....	8	13

Para completar los resultados obtenidos se practicaron ensayos fisicomecánicos sobre la mezcla asfáltica bajo diferentes condiciones:

a) Ensayo de la mezcla moldeada con los áridos recuperados y el betún original inalterado reproduciendo la granulometría y dosaje originales.

b) Ensayo de la mezcla moldeada con la totalidad de los áridos recuperados del pavimento actual, incorporando el asfalto original (conservado inalterado) en el mismo porcentaje (9%) que integró la mezcla en la época de su ejecución.

c) Ensayo de la mezcla moldeada con los áridos y el betún recuperado reproduciendo la granulometría y dosaje originales.

d) Ensayo de la mezcla moldeada tal cual fue extraída del pavimento actual.

Los resultados obtenidos son los que se informan en la Tabla II.

Del estudio de esta Tabla es posible deducir en primer término que los valores obtenidos con la mezcla moldeada en las condiciones indicadas en a) concuerdan con los obtenidos en el transcurso de la obra, según los antecedentes que se

TABLA II  
ENSAYOS FISICOMECAÑICOS DE LA MEZCLA ASFALTICA

Probetas Moldeadas con:	Peso Específico (Promedio) g/cm <sup>3</sup>	Estabilidad Hubbard Field (Promedio) Lb
Agregados recuperados + 9% de asfalto original y 8% de fi ller (contenido promedio al ejecutarse el pavimento)....	2,26	1450
Agregados recuperados + 9% de asfalto original y 13% de filler (contenido promedio).	2,26	1750
Agregados recuperados + 9% de asfalto recuperado y 8% de filler .....	2,24	3000
Mezcla proveniente de los tes tigos del pavimento (9% de asfalto y 13% de filler)....	2,26	3250

NOTA: Se consideró como filler el material que pasó el tamiz N° 200.

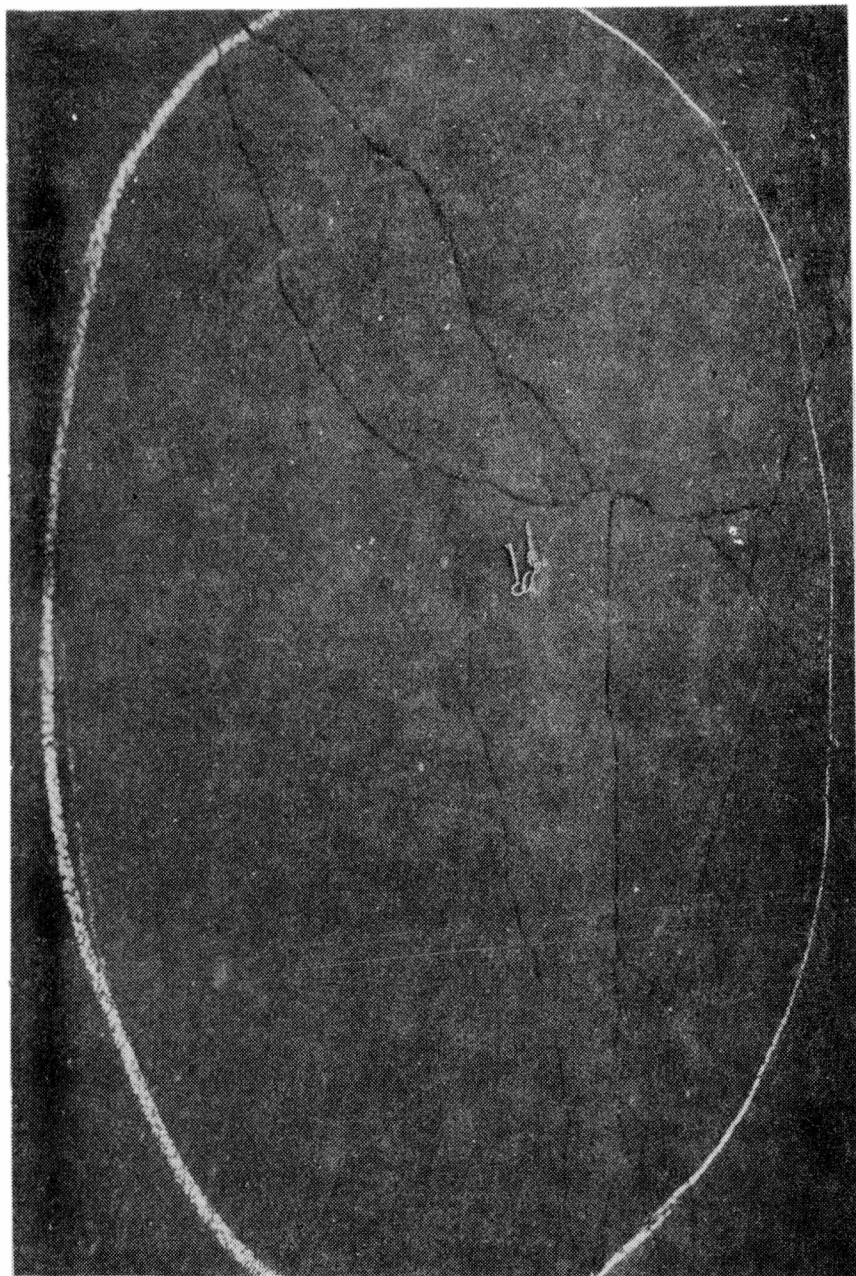


Fig. 1a.- Fisuras debidas a la contracción de la carpeta



Fig. 10.- Fisuras debidas a la contracción de la carpeta



disponen (2).

En segundo lugar puede comprobarse, comparando las mezclas moldeadas en las condiciones a) y b) que el aumento del filler, del 8% al 13%, ha provocado un incremento de la estabilidad Hubbard-Field del orden del 20%.

Si se observa por otra parte que las probetas remoldeadas con la mezcla proveniente de los testigos del pavimento (d), han arrojado un valor promedio de estabilidad, superior al 100% del obtenido en a), se verifica, como se menciona en la Introducción, que es más notable la influencia ejercida por la alteración de las características del asfalto, que el aporte debido al aumento del filler.

Esto último se ve corroborado al efectuar la comparación de la mezcla (d) con la (c), donde la única diferencia reside en el menor contenido de filler de esta última, ya que el asfalto es el mismo, o sea, es el que se recuperó del pavimento actual (envejecido). Se ve también que el aporte del aumento de filler a la estabilidad de la mezcla es de escasa consideración. (Ver Fig. 2).

Queriendo circunscribir más el estudio, se programaron nuevas series de ensayos prescindiendo de la fracción arena y limitando el análisis al sistema filler-betún.

Para que la dispersión filler-betún brinde al mortero una adecuada flexibilidad sin que se produzca fisuramiento de la carpeta, es necesario que las condiciones de flujo de la dispersión, no cambien respecto a las que posee el betún solo.

La consistencia de la citada dispersión está íntimamente ligada con la flexibilidad, estando relacionada con la viscosidad del asfalto y la concentración en volumen del filler.

Como es sabido esta concentración en volumen de filler ( $C_v$ ) no debe sobrepasar al valor de la concentración crítica ( $C_s$ ) a los efectos de conservar la capacidad de deformación viscosa del sistema filler-betún (3).

Para verificar el cumplimiento de esto último, se ha procedido a determinar la relación  $C_v/C_s$ .

La concentración crítica del filler empleado es:  $C_s =$

0,49 y cuando se lo incorpora en un 8 %, la concentración en la unidad del volumen del sistema filler-betún es  $C_v = 0,25$ , de manera que se está trabajando por debajo de  $C_s$ .

Asimismo, cuando el porcentaje incorporado es 12%, el valor de  $C_v$  es 0,34 de manera que tampoco se supera la concentración crítica.

Quiere decir entónces, que en ninguno de los casos señalados el filler alcanza a formar estructura, estimándose por consiguiente en un primer análisis, que el incremento de este material durante el período de servicio, no es el principal causante de la disminución de la flexibilidad de la carpeta, y que si bien produce algún incremento de la viscosidad original del asfalto, este aumento sería mucho menor que el debido al envejecimiento natural del betún a través del tiempo.

#### a) Estudio del asfalto recuperado del pavimento

En la Tabla III es posible apreciar las características promedio de los asfaltos empleados para la construcción de la carpeta y los recuperados del pavimento actual, después de casi 30 años de construido. La recuperación del asfalto se efectuó mediante el método de Abson (ASTM D-1856). Es conveniente recordar, que los asfaltos originales fueron conservados en el LEMIT desde el momento de la construcción a la fecha, en que fueron ensayados nuevamente mediante nuevas técnicas de ensayo y comparadas sus propiedades con las del asfalto envejecido, recuperado del pavimento.

Tal cual se informó en (1) los asfaltos conservados en el laboratorio, luego de ser refundidos y ensayados, no mostraron cambios en sus características respecto a las que poseían hace 30 años.

Del estudio de la Tabla III se deduce que los asfaltos empleados en la construcción de la carpeta no cumplen con la norma IRAM 6604 por los valores bajos de peso específico y ductilidad, así también como su elevado índice de penetración de Pfeiffer. Las características de estos asfaltos coinciden con las que poseen algunos asfaltos de la zona de Comodoro Rivadavia (4) (5). Un hecho importante en estos asfaltos, es la elevada viscosidad que presentan a 25 y 60°C, comparados con los asfaltos normalmente empleados en

TABLA III

CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS

Ensayo	Asfalto original	Asfalto recuperado del pavimento
Peso específico a 25/25°C.....	0,985	1,010
Penetración a 25°C (100 g - 5 seg).....	71	29
Ductilidad a 25°C, cm.....	40	7
Punto de ablandamiento (A y E), °C.....	55,0	86,0
Indice de penetración (Pfeiffer).....	+ 1,0	--
Ensayo de Oliensis.....	Negativo	Negativo
Contenido de asfaltenos, %.....	26,5	36,5
Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg, (Poises).....	11 400	--
Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg, del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), Poises.....	40 100	--
Viscosidad a 25°C a 5 x 10 <sup>-2</sup> seg <sup>-1</sup> , megapoises .....	5,50	42
Viscosidad a 25°C a 5 x 10 <sup>-2</sup> seg <sup>-1</sup> del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), Megapoises .....	8,40	--
Punto de fractura Fraass, °C .....	- 12	- 3
Punto de fractura Fraass del residuo del ensayo de calentamiento en película fina rotativa (R T F T), °C .....	- 9	--

pavimentación, para el mismo rango de penetración.

Un ensayo que se ha incluido, el cual no es muy común de ser encontrado en las especificaciones, es el punto de fractura Fraass (6) (7). En este ensayo se mide la temperatura a la cual el asfalto se torna quebradizo cuando una película de betún es flexionada en condiciones normalizadas. Las fallas que ocurren en las estructuras bituminosas, tales como desintegración y fisuras, generalmente se producen a baja temperatura y a cortos tiempos de aplicación de las cargas producidas por los vehículos en movimiento.

El "punto de fractura" se hace menos negativo con el aumento del grado de envejecimiento del asfalto, la temperatura de fractura aumenta, es decir que el valor promedio obtenido en los asfaltos recuperados ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) nos indica que el envejecimiento alcanzado es muy grande, presentando una marcada tendencia a la fragilidad. Hay que tener presente que el "punto de fractura" de los asfaltos comunes, presenta temperaturas más bajas que  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Tal como se dijo en (1), de acuerdo con la opinión de algunos investigadores (8), por las características de los asfaltos recuperados, la carpeta asfáltica estaría al límite de servicio, ya que el asfalto muestra valores muy elevados del punto de ablandamiento, de la viscosidad a  $25^{\circ}\text{C}$  (la viscosidad a  $60^{\circ}\text{C}$  no pudo efectuarse por estar fuera del rango de medida) y del punto de fractura Fraass unido a bajos valores de penetración y de ductilidad. Estos valores superan en exceso a los que se han tomado como críticos de acuerdo a la experiencia. Esto es coincidente con lo comprobado visualmente en el pavimento.

#### b) Estudio reológico del sistema filler-betún

Con el fin de evaluar desde otro punto de vista la participación del filler y del asfalto en el envejecimiento de la carpeta, se procedió a estudiar las condiciones de flujo del asfalto original, envejecido durante 75 minutos a  $163^{\circ}\text{C}$  en película fina rotativa, y el recuperado del pavimento. Además, se prepararon mezclas del betún original y filler recuperado de la carpeta asfáltica, en dos concentraciones: 8 y 13% (en peso). El objetivo que se persigue es poner en evidencia cuál es el aporte que produce el filler en el incremento de viscosidad y comparar estos resul-

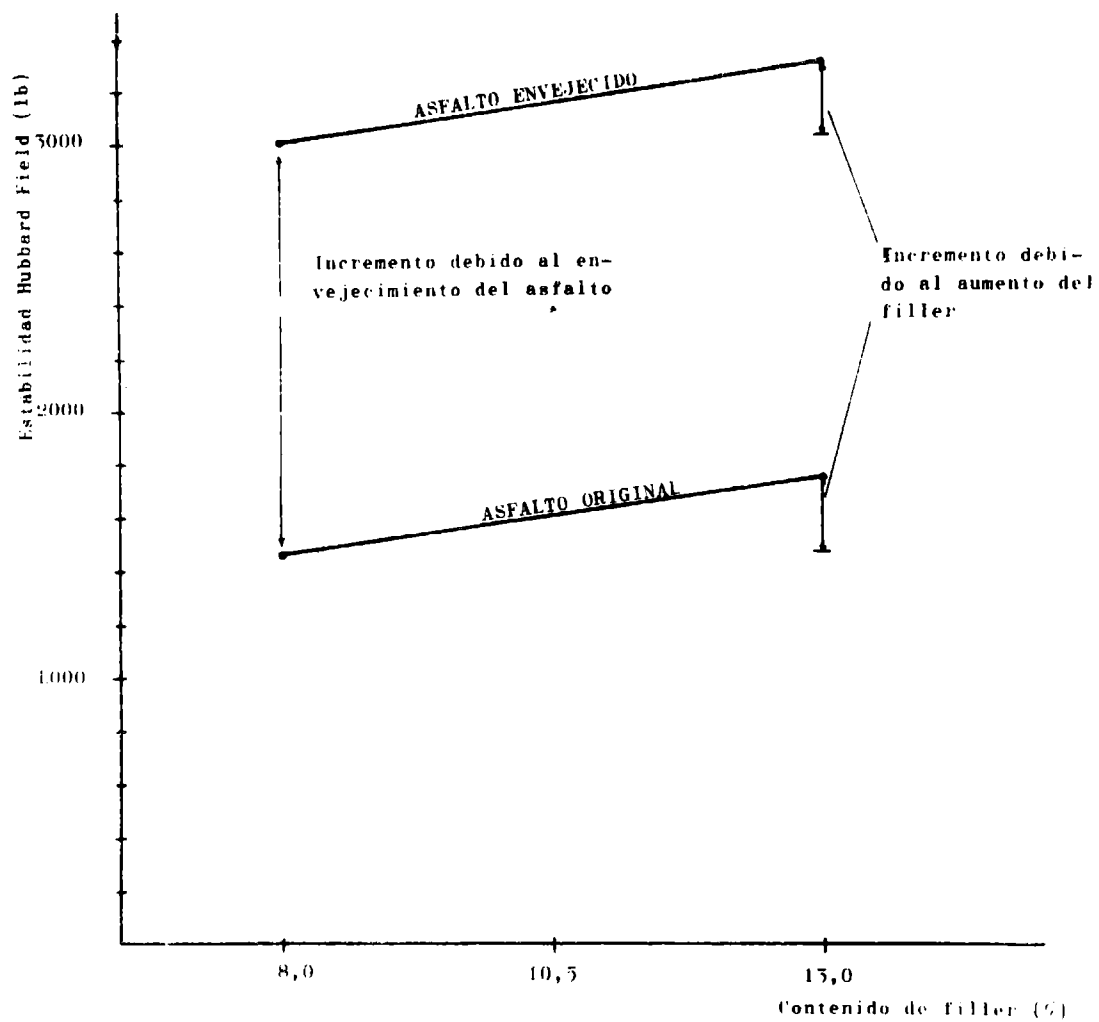


Fig. 2

Efecto del incremento de filler y del envejecimiento del asfalto

tados con los obtenidos en los ensayos realizados con el betún recuperado. Para dichos ensayos se utilizó un microviscosímetro de placas paralelas empleando en el caso de las mezclas de asfalto filler, placas de acero inoxidable de acuerdo a lo recomendado por ASTM (9). Los espesores de película utilizados fueron de 500 micrones. En la Tabla IV se presentan los resultados obtenidos.

En la misma se aprecian los valores de viscosidad de los asfaltos y sus mezclas, calculados a una velocidad de fluir de  $5 \times 10^{-2} \text{ seg}^{-1}$  junto con el índice de flujo complejo (10) que resulta de graficar el esfuerzo de corte en función de la velocidad de fluir, en coordenadas logarítmicas. Los líquidos viscosos o newtonianos tienen una pendiente de uno, en tanto que la de los no newtonianos es menor de uno. A medida que crece la complejidad del flujo disminuye el valor del índice de flujo complejo. La experiencia ha mostrado que en general, asfaltos con índices de flujo entre 0,85 y 1, se han comportado en forma satisfactoria. Por el contrario, valores bajos del índice nos indican un alto grado de elasticidad, tixotropía, y marcada tendencia al envejecimiento con el correr del tiempo. El envejecimiento al cual nos referimos se traduce por un aumento notorio de la consistencia del material. En el caso que nos ocupa, Tabla IV, apreciamos que los asfaltos empleados son de marcada complejidad, unido a una elevada viscosidad aparente. Esto es indicativo que los mismos serían muy susceptibles a un envejecimiento acelerado. Además, los asfaltos luego de ser envejecidos en laboratorio, mediante la técnica de la película fina rotativa (RTFT) durante 75 minutos a  $163^{\circ}\text{C}$ , presentan un valor aún más bajo del índice de flujo complejo, unido a un considerable aumento de la viscosidad aparente. Como se recordará, el ensayo de envejecimiento de 75 minutos a  $163^{\circ}\text{C}$ , reproduce el envejecimiento o alteración que sufre un asfalto durante la operación de mezclado en usina.

El asfalto recuperado del pavimento, además de su elevada viscosidad aparente, muestra un índice de flujo complejo más bajo que el del asfalto original, lo cual nos indica que las propiedades de fluir han variado aún más respecto a las ya muy complejas que poseía el asfalto al iniciarse la construcción. El efecto del agregado de filler en las concentraciones de 8 y 13% producen, como es lógico esperar, un aumento en la viscosidad aparente, con respecto al asfalto

TABLA IV

MATERIAL	Viscosidad a 25°C (a 5 x10 <sup>-2</sup> seg <sup>-1</sup> ) Megapoises	Indice de flujo complejo
Asfalto original .....	5,50	0,45
Envejecido 75 mín. a 163°C .....	8,40	0,35
Asfalto original más 8% de filler.....	13,8	0,45
Asfalto original más 13% de filler.....	17,3	0,44
Asfalto recuperado del pavimento .....	42	0,27

original solo. Donde no hay una marcada diferencia entre sí es en los asfaltos fillerizados a las dos concentraciones mencionadas. Efectivamente, el incremento de filler de 8 a 13% eleva la viscosidad aparente de 13,8 a 17,3 megapoises, siendo por lo tanto de poca importancia la incidencia de la fillerización, si se tiene en cuenta que los valores medios de consistencia, en los asfaltos recuperados del pavimento superan los 40 megapoises. Los índices de flujo complejo de los asfaltos fillerizados son similares a los del asfalto original, cosa que era de esperar ya que el contenido de filler en los dos casos considerados está por debajo de la concentración crítica Cs.

De lo expuesto anteriormente se concluye que, desde el punto de vista reológico, el aumento en el contenido de filler afecta muy poco la consistencia y condiciones de flujo de los asfaltos originales, si se las compara con las que posee el asfalto solo recuperado del pavimento.

Es de hacer notar que, cuando se recupera el asfalto de un pavimento envejecido por los métodos convencionales (Abson) y se lo ensaya, que es el caso que nos ocupa, solamente se detectan los cambios producidos por la pérdida de volátiles, por la oxidación, por la absorción o absorción por los agregados además de las reacciones fotoquímicas. Hay un tipo de alteración, la cual no es posible medir (en este caso), que es la debida al aumento de consistencia por cambios estructurales, es decir, por formación de una estructura interna con el transcurso del tiempo, la cual se elimina durante los procedimientos de extracción y recuperación. Este efecto puede ser de considerable importancia, de ahí que la consistencia del asfalto en el pavimento actual pueda ser aún mayor que la medida en los asfaltos recuperados.

En vías de interiorizarnos aún más, en los cambios ocurridos en el asfalto con el tiempo y a los efectos de aportar otro elemento de juicio, hemos estudiado, por medio de espectrofotometría infrarroja, los cambios funcionales que se han producido desde el inicio de su vida útil hasta el momento actual. Es así que mediante la técnica descrita en (11) es posible cuantificar los cambios estructurales que sufren los asfaltos durante el mezclado en usina y en el pavimento en servicio, principalmente aquellos causa-



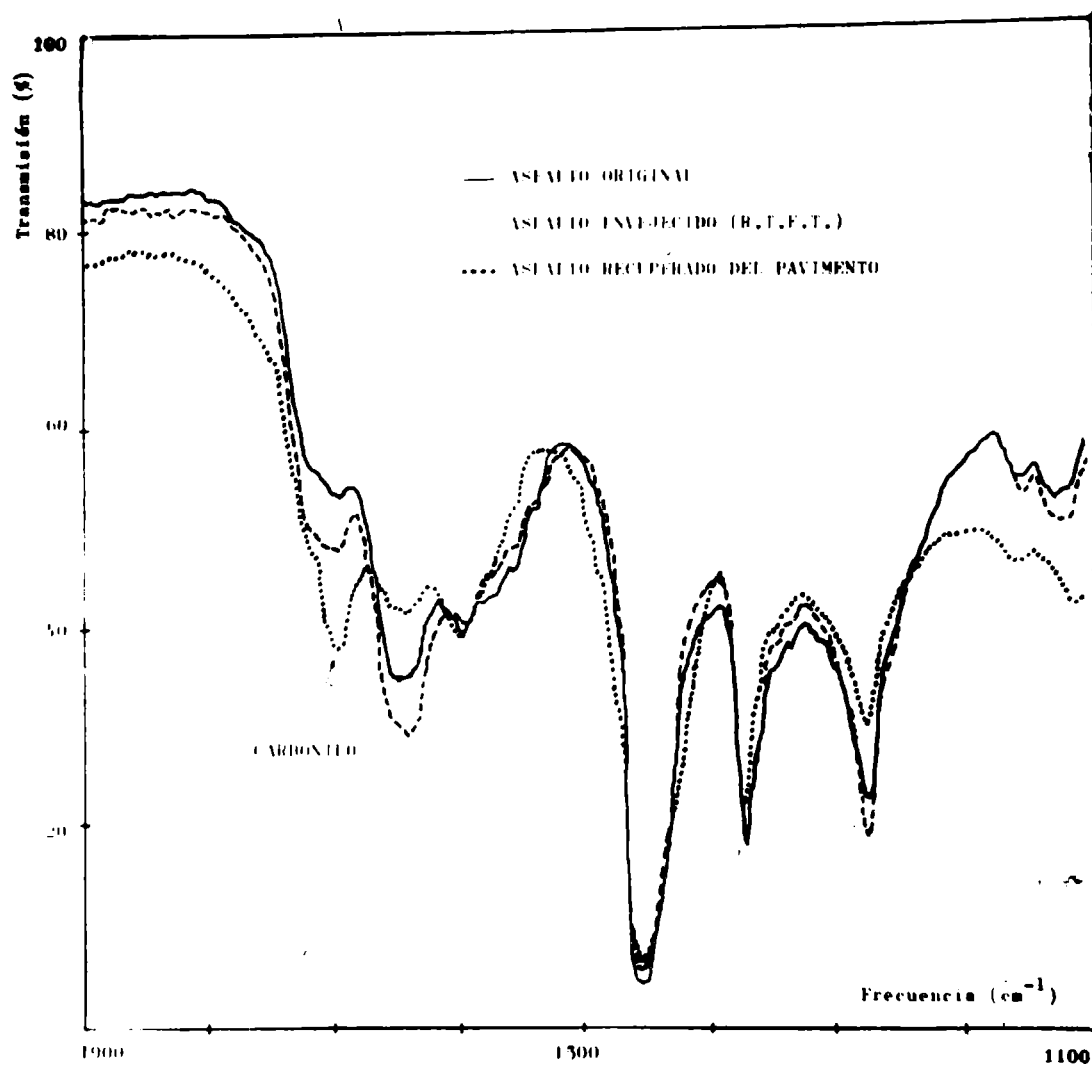


Fig. 5

Espectros de absorción infrarroja de los asfaltos

dos por la oxidación, como consecuencia de la cual se produce un aumento en la consistencia del asfalto.

Esta oxidación, fue establecida midiendo los cambios en la absorción infrarroja, en la banda del grupo carbonilo ( $1692\text{ cm}^{-1}$ ) como una función del tiempo de envejecimiento. En la figura 3 se muestran los espectros obtenidos del asfalto original, el envejecido en laboratorio 75 minutos a  $163^{\circ}\text{C}$  y el recuperado del pavimento, donde se observa el incremento notable del pico correspondiente al grupo carbonilo, respecto al betún envejecido en laboratorio y aún más, respecto al original. De esta forma ponemos una vez más en evidencia, ahora desde el punto de vista químico, la notoria alteración alcanzada por el asfalto en el pavimento como consecuencia de la oxidación.

---

## CONCLUSIONES

---

El pavimento motivo del presente estudio, se encuentra al límite de servicio, después de haber cumplido en forma satisfactoria su cometido durante 30 años. Las causas que han influido en su deterioro, se pueden resumir en la siguiente forma:

a) El envejecimiento del asfalto, traducido por un marcado aumento en su consistencia, ha sido el principal causante de las fisuras de contracción que presenta la carpeta asfáltica.

b) Lo dicho anteriormente, se apoya en el hecho de que la estructura de base y sub-base se encontraran en buen estado, apareciendo las fisuras, localizadas en la carpeta.

c) Que el envejecimiento del asfalto ha sido el factor de mayor incidencia, se refleja por los ensayos de estabilidad Hubbard Field, que marcaron una notable diferencia entre los valores alcanzados en las probetas remoldeadas con la mezcla proveniente del pavimento actual y los obtenidos con la mezcla al construirse la obra. El aumento de filler, producido como consecuencia de la degradación de los agregados por el tránsito, aportó muy poco a la estabilidad final de la mezcla y esto puede atribuirse, al elevado valor de la concentración crítica de la fracción que pasa el tamiz N°200

y a la forma redondeada de las mismas. La consecuencia de esto, es la baja capacidad espesante del filler.

d) El estudio reológico del sistema filler-betún, está en total concordancia con lo expuesto en el punto c), ya que el aumento de filler no produce un incremento notorio en la consistencia del sistema filler-betún, sobre todo cuando se la compara con la del asfalto recuperado del pavimento.

e) Los cambios ocurridos en el betún con el transcurso del tiempo (aumento de consistencia), detectados por los ensayos realizados, son debido a pérdidas de compuestos volátiles y oxidación, esto último, revelado por el método de espectrofotometría infrarroja, por el aumento de absorción en la banda del grupo carbonilo.

f) Finalmente, el conjunto de valores de los ensayos de penetración, punto de ablandamiento, ductilidad, viscosidad y punto de fractura Fraass, suministran una herramienta útil para determinar cuándo una capa bituminosa está al límite del servicio.

Debe destacarse que el tipo de mezcla asfáltica estudiada, pese a estar constituida por un asfalto de características anormales, ha funcionado en forma satisfactoria durante muchos años, posiblemente por haber colaborado el hecho de tratarse de una mezcla fina, con elevado V.M.A., lo cual demandó un alto porcentaje de asfalto. Esta mezcla, desde su origen tuvo un reducido porcentaje de vacíos residuales, los cuales se encuentran casi totalmente colmatados en la actualidad por el efecto del tránsito.

Otro factor que ha influido en forma positiva es la bondad con que fue diseñado el pavimento, ya que el perfil adoptado superaba las exigencias de su época.

---

#### BIBLIOGRAFIA

---

1. Agnusdei, J.O. y Massaccesi, D.D.- XVII Reunión Anual del Asfalto, 335-355, 1971.

2. Publicación "día del Camino".- Pág. 395, octubre 1942.
3. Ruiz, C.L.- II Reunión Anual del Asfalto, 25-52, 1947.
4. Pinilla, A., Agnusdei, J.O. y Frezzini, P.O.- XVII Reunión Anual del Asfalto, 160-185, 1971.
5. Castellano, E. y Galli, J.- I Reunión Anual del Asfalto, 175-204, 1946.
6. Standard Methods of Testing Petroleum and its uses. I.P. 80/53.
7. Pinilla, A., Agnusdei, J.O. y Reynaldi, A.- VI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Tomo 3, 267-284, 1968.
8. Finn, F.- Highway Research Board, Report 39, 1967.
9. A.S.T.M.- Proposed method for viscosity of high consistency materials with modified sliding plate microviscometer, tomo 11, 885-895, 1969.
10. Traxler, R.- Asphalt its compositions, properties and uses. 70, 1971.
11. Agnusdei, J.O., Frezzini, P.C. y Comai, A.- LEMIT, 4-1970, 105-142.